

CORRELACIONES FENOTÍPICAS, GENÉTICAS Y AMBIENTALES ENTRE CARACTERES DE GIRASOL Y PODREDUMBRE DEL TALLO (*Macrophomina phaseoli* (Maub.) Ashby).

M.I. Báez\*, P. Ludueña\*\* y A. Sanguinetti\*\*

\*INTA-EEA. Santiago del Estero, C.C.268, 4200 Santiago del Estero, Argentina.

\*\*INTA-EEA. Pergamino, C.C.31, 2700 Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Ciento sesenta y nueve familias de medios hermanos (H.S.) de la población Pergamino 3 de girasol han sido evaluadas en dos campañas agrícolas (1982/83-1983/84) en la localidad de Pergamino, con el objeto de estimar las correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales entre caracteres de la planta y podredumbre del tallo (*Macrophomina phaseoli* (Maub.) Ashby), y sus implicancias en la selección. Los caracteres estudiados han sido susceptibilidad a la podredumbre del tallo, rendimiento en granos por hectárea, contenido de aceite, rendimiento en aceite por hectárea, peso de 1000 granos; resistencia mecánica de los tejidos del tallo a la penetración, ciclo germinación-floración, ciclo floración-madurez y ciclo total. El diseño del ensayo ha sido realizado en láttice 13 x 13 con dos repeticiones por año. Las evaluaciones se han realizado en base a medias de parcelas. La correlación genética entre resistencia de la pared y podredumbre es negativa y altamente significativa ( $r_g = -0,50^{**}$ ), indicando que la selección de plantas con menor susceptibilidad a la podredumbre del tallo, puede realizarse en forma indirecta por el carácter de resistencia de la pared. La heredabilidad de este último carácter es más alta ( $h^2 = 0,40$ ) que la del carácter podredumbre ( $h^2 = 0,13$ ) lo que facilitaría la selección indirecta. La correlación fenotípica entre estos caracteres no es significativa, lo que demuestra la importancia de la obtención de la correlación genética. Entre los componentes del rendimiento, peso de 1000 granos es el que presenta mejor correlación genética con rendimiento en kilogramos de aceite por hectárea ( $r_g = 0,68^{**}$ ) y ésta entre peso de 1000 granos y podredumbre es negativa. La correlación ambiental entre rendimiento en granos y peso de 1000 granos es positiva y altamente significativa ( $r_e = 0,61^{**}$ ), es decir que una modificación del ambiente afectaría a ambos caracteres de la misma manera. En base a lo mencionado es posible entonces la selección de un ideotipo con menor susceptibilidad a podredumbre del tallo y mayor rendimiento en kilogramos de aceite por hectárea, en forma indirecta por los caracteres resistencia de la pared y peso de 1000 granos.

SUMMARY

A hundred and sixty nine families of half sib from the population Pergamino 3 have been evaluated in 1982/83 and 1983/84 at Pergamino to estimate the phenotypic, genetic and environmental correlations between plant characters and charcoal rot (*Macrophomina phaseoli* (Maub.) Ashby) and their implications in selection. The studied characters have been: susceptibility to charcoal rot, seed yield per hectare, oil content, oil yield per hectare, the weight of 1000 seeds, germination-flowering cycle, total cycle, and the mechanical resistance of the stem tissue to penetration. The trial design has been realized in lattice 13 x 13 with two repetitions a year. The evaluations have been realized on the basis of plots means. The genetic correlation between the resistance of the wall and susceptibility charcoal rot is negative and highly significant ( $r_g = -0,50^{**}$ ), and it demonstrated that plant selection with less susceptibility to charcoal rot can be realized in an indirect way by the character of the wall resistance. The hereditability of this last character is higher ( $h^2 = 0,40$ ) than the one of rot ( $h^2 = 0,13$ ) which would help the indirect selection. The phenotypic correlation between these characters is not significant, which shows the importance of the attainment of the genetic co-

relation. Among yield components, the weight of 1000 seeds is the one that presents the best genetic correlation with oil yield per hectare ( $r_g = 0,68^{**}$ ) and the genetic correlation between the weight of 1000 seeds and rot is negative. The environmental correlation between seed yield and weight of 1000 seeds is positive and highly significant ( $r_e = 0,61^{**}$ ) that one modification of the environment for one of these characters modifies the other also. Therefore, an ideotype selection is posible with less susceptibility to charcoal rot and more yield per hectare in an indirect way for the mechanical resistance of the stem tissue and the weight of 1000 seeds.

## INTRODUCCION

Uno de los principales problemas que afecta al cultivo de girasol en la Argentina es la denominada "podredumbre del tallo", provocada por varios organismos en interacción y en condiciones ambientales causantes de "stress" sobre la planta que provocan senescencia prematura de los tejidos y que favorecen la colonización de organismos saprófitos (Bruniard, J.M. et.al. 1985). Entre los agentes fitopatógenos se ha reconocido como principal a Macrophomina phaseoli (Maub.) Ashby (Sclerotium bataticola, Taub.) (op. cit.).

Según Orellana, 1970, en un estudio a campo de la respuesta de girasol a la infección natural por el hongo, se ha observado una amplia variabilidad, encontrándose que las variedades de maduración temprana fueron las más susceptibles, las de maduración intermedia fueron de tolerancia intermedia y las más tardías fueron las más resistentes.

Los problemas de madurez prematura y podredumbre basal se asemejan en girasol y en maíz, siendo en este último donde más se han estudiado.

En maíz una planta con un mayor período de llenado de granos es más capaz de fotosintetizar y de almacenar (Troyer, A.F., 1978). Si esto se combinara con el mantenimiento del tallo verde ("stay green"), se resolverían simultáneamente los problemas de productividad y resistencia a podredumbre.

En las selecciones para calidad de tallo en maíz se han encontrado correlaciones positivas entre porcentaje de plantas erectas y resistencia a la penetración (Thompson, D., 1969).

La estimación de las correlaciones fenotípicas y genotípicas entre varios caracteres agronómicos, puede proveer la información necesaria en un programa de mejoramiento cuando la selección está basada en dos o más caracteres simultáneamente. La información puede ser obtenida a partir de estudios de correlaciones para aquellos caracteres útiles como indicadores de otros más importantes; la intensidad y la dirección de la asociación entre caracteres puede ser medida por coeficientes de correlación fenotípicos y genéticos (Liang, G.H.L., et. al., -1969).

La podredumbre del tallo está fuertemente influenciada por el ambiente y su carácter complejo hace que sea un carácter difícil de seleccionar, por ello en este trabajo se ha estudiado la resistencia del tallo a la presión mecánica como un elemento para la selección indirecta para resistencia a podredumbre. A la vez se ha tenido en cuenta que los materiales más productivos suelen ser los más afectados por la podredumbre, por lo cual se han considerado algunos de los componentes del rendimiento de girasol, como peso de 1000 granos, rendimiento en kilogramos por hectárea, porcentaje de aceite. También se ha tenido presente la tendencia al alargamiento del ciclo cuando se selecciona por productividad, de allí que se hayan tomado en cuenta parámetros fenológicos como ciclo germinación-floración, ciclo floración-madurez y ciclo total.

## MATERIALES Y METODOS

En la población estudiada Pergamino 3, elegida por su amplia variabilidad en ciclo, altura de planta, tipo de grano, y porcentaje de aceite, se han evaluado ciento sesenta y nueve familias de medios hermanos. El diseño a campo ha sido realizado en láttice 13 x 13 con dos repeticiones por año. Fue sembrado en Pergamino el 24 de octubre de 1982 y el 26 de octubre de 1983, época normal en la zona. Cada familia se ha representado por una parcela de dos surcos separados a setenta centímetros entre sí; los surcos poseían una longitud de cinco metros cada uno, y la distancia de plantas sobre la hilera ha sido de veinticinco centímetros entre ellas. Con una densidad final equivalente a 57.000 plantas por hectárea, se realizó la siembra en exceso y luego se raleó. Se marcaron aleatoriamente diez plantas por familia en competencia perfecta, y sobre ellas se efectuaron las observaciones para cada carácter. Las variables analizadas estadísticamente en base a medidas de parcelas fueron, podredumbre de la base del tallo, rendimiento en granos por hectárea, contenido de aceite, rendimiento en aceite por hectárea, peso de 1000 granos, resistencia mecánica de los tejidos del tallo a la penetración, y ciclos.

\* Podredumbre: Para la evaluación de esta variable se ha procedido a inocular artificialmente a toda la población con el objeto de lograr una infección homogénea. Se ha utilizado para tal fin el patógeno Macrophomina phaseoli (Maub.) Ashby (Sclerotium bataticola Taub.). El método de inoculación utilizado fue el del "escarbadiente" descrito por Young (1943); las plantas fueron inoculadas a cinco centímetros de la base del tallo dos semanas después de plena floración (cada una de las familias con cincuenta por ciento de las plantas en floración). La evaluación de podredumbre ha sido realizada al estado de madurez fisiológica, sobre la porción basal del tallo, para lo cual se lo seccionó longitudinalmente, para la posterior medición en centímetros de la superficie afectada.

\* Rendimiento en granos: Se ha obtenido a partir de las diez plantas marcadas por familia, expresado en kilogramos por hectárea.

\* Contenido de aceite: Ha sido medido sobre base seca por el método de "Resonancia Nuclear Magnética" (R.N.M.) en cada una de las muestras correspondientes a cada familia y expresado en porcentaje.

\* Rendimiento en aceite: Ha sido calculado en base al producto de rendimiento en grano multiplicado por el contenido de aceite, expresado en kilogramos por hectárea.

\* Peso de 1000 granos: Se ha obtenido a partir del peso de dos muestras de doscientos cincuenta granos por familia, las que se promediaron y expresaron en peso de 1000 granos.

\* Resistencia a la penetración: Se ha evaluado en base a la medida de la presión necesaria para perforar la pared de la base del tallo a la altura de cinco centímetros del suelo, dos semanas después de plena floración, de cada una de las familias. Para ello se ha utilizado un penetrómetro con el que se obtiene la presión en kilogramos por centímetro cuadrado.

El análisis estadístico ha sido realizado utilizando el programa CORRO OI BAS, con el cual se ha realizado el análisis de variancia, componentes de variancia genética y correlaciones genéticas para cada uno de los caracteres estudiados. Todas las variables fueron analizadas en base a promedios de parcelas.

Con las estimaciones de la variancia genética se determinaron los coeficientes de heredabilidad según Vencovsky (1978).

$$h^2 = V^2_g (HS) / V^2_f, \text{ donde } V^2_f = V^2_e/ra + V^2_i/a + V^2_g (HS)$$

$V^2_g (HS)$  y  $V^2_f$  son las estimaciones de las variancias genéticas y fenotípicas, respectivamente determinadas en base a medias de parcelas de las familias HS.

Para la obtención de las correlaciones entre todos los caracteres, y la partición de éstas en genética y ambiental, se utilizó el análisis de covariancia, combinado para los dos años.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

\* Medias: Las medias generales de cada carácter se observan en el cuadro 1, así como las correspondientes a cada año en particular. La disminución del rendimiento, del porcentaje de aceite, del peso de 1000 granos y el acortamiento del ciclo floración-madurez, observados en el segundo año, podrían interpretarse como manifestación de una mayor incidencia de la enfermedad, provocada por las excesivas precipitaciones durante el período de floración-madurez.

\* Heredabilidades: En el Cuadro 2 se indican las heredabilidades de los nueve caracteres estudiados en la población Pergamino 3. El carácter podredumbre presenta un valor de heredabilidad de 0,13, correspondiente al más bajo valor de los caracteres analizados y por lo tanto el más difícil de ser mejorado. Mientras que resistencia de la pared del tallo tiene una heredabilidad de 0,40, lo que facilitaría la selección de plantas menos susceptibles a podredumbre, a través del carácter resistencia a la penetración. Otro carácter, peso de 1000 granos, presenta una alta heredabilidad ( $h^2 = 0,67$ ), lo que facilitaría la mejora del rendimiento a través del mismo.

\* Correlaciones genéticas ( $r_g$ ), fenotípicas ( $r_p$ ) y ambientales ( $r_e$ ): El carácter a mejorar, "podredumbre del tallo", presenta una alta correlación genética negativa con la resistencia de la pared a la penetración ( $r_g = -0,50^{**}$ ), por lo tanto sería posible seleccionar plantas con menos podredumbre a través del carácter "resistencia de la pared". Podredumbre está negativa y altamente correlacionada con "ciclo total" ( $r_g = -0,75^{**}$ ), lo que implicaría una dificultad, ya que al seleccionar plantas sanas se estará tendiendo a alargar este ciclo.

Estos caracteres no están correlacionados fenotípicamente, como en el caso anterior, lo que destaca la importancia de despejar la correlación genética de la fenotípica. Además, como no existe correlación ambiental entre ambos ( $r_e = 0,05$  NS), se podría modificar el ambiente que favorezca a uno de los caracteres sin que ello afecte al otro.

El rendimiento, expresado en kilogramos de aceite por hectárea, está correlacionado estadísticamente alta y positivamente con el peso de 1000 granos, ( $r_g = 0,68^{**}$ ), y también con el ciclo floración-madurez ( $r_g = 0,58^{**}$ ), lo que estaría señalando la factibilidad de aumentar el rendimiento seleccionando tanto por peso de 1000 granos como por mayor ciclo floración madurez, en la población Pergamino 3.

#### CONCLUSIONES

La selección de un ideotipo con menos susceptibilidad a podredumbre del tallo y mayor rendimiento en kilogramos de aceite por hectárea podría ser factible en la población estudiada, considerando los siguientes aspectos: 1) la selección de plantas con menor susceptibilidad a podredumbre podría realizarse a través del carácter resistencia de la pared. Estos dos caracteres presentan una correlación genética negativa y altamente favorable ( $r_g = -0,50^{**}$ ) indicando que al aumentar la dureza del tallo se reduciría la difusión de los patógenos causantes de la podredumbre. La heredabilidad del carácter resistencia de la pared es más elevada ( $h^2 = 0,40$ ) que la del carácter podredumbre ( $h^2 = 0,13$ ), lo que facilitaría la selección por vía indirecta. 2) teniendo en mente un cultivar con alto rendimiento en kilogramos de aceite por hectárea, sería posible alcanzar este objetivo en la población estudiada a través de peso de 1000 granos que presenta alta heredabilidad ( $h^2 = 0,67$ ) y con el cual está alta y positivamente correlacionado ( $r_g = 0,68^{**}$ ).

## BIBLIOGRAFIA

- Bruniard, J.M.; Ivancovich, A.J.; Ludueña, P.M.; 1985. Selección de familias con tolerancia a podredumbre del tallo (*Sclerotium bataticola* Taub) en Girasol (*Helianthus annuus* L.) IDIA 433-436: 58-61.
- Liang, G.H.L.; Oyerly, C.B. and Casady, A.J. 1969. Interrelations among Agronomic Characters in Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* Moench). *Crop Science* 9: 299-302.
- Orellana, G. 1970. The response of sunflower genotypes to natural infection by *Macrophomina phaseoli*. *Plant Disease Reporter* 54:891-893.
- Thompson, D. 1969 Selection for stalk quality in corn. Chicago II. American Seed Trade Association, Publication N°24: 7-14.
- Troyer, A.F., 1978. Corn yield as influenced by Flowering date and season. Proceedings 33rd annual Corn and Sorghum Research conference. 33: 1-15.
- Vencovsky, R. 1978. Herencia Cuantitativa de Mejoramiento e producao de milho no Brasil. Fundacao Cargill 122-199.
- Young, H.J. 1943. The toothpick method of inoculation corn for ear and stalk rot. *Phytopathology* 33:16.

Este trabajo es parte de la tesis presentada por M.I. Báez para optar al grado de Magister Scientiae. Curso de Mejoramiento Vegetal (INTA-Universidad de Rosario) realizado en EEA. Pergamino (1982/84).

CUADRO 1

MEDIAS CON SUS EPRORES STANDEAP, VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y RANGO DE VARIABILIDAD  
PARA 9 CARACTERES EN LA POBLACION PERGAMINO 3

Estadístico	Podredumbre (cm)	Rendimiento (kg/ha)	Aceite (%)	Aceite (kg/ha)	1000 Granos	Germin.- Florac.	Ciclo total	Florac.- Madurez	Resis- tencia
Media general +ES	13,027 ±3,501	1.841,660 ±723,899	37,367 ±7,424	730,043 ±384,732	58,965 ±10,662	±2,083 ±3,276	100,022 ±10,740	37,892 ±10,209	17,269 ±1,513
Media 1982/83	11,566 ±3,698	2.430,610 ±433,363	44,287 ±2,781	1.073,930 ±498,663	67,236 ±7,414	±2,669 ±2,241	110,444 ±1,379	47,757 ±2,184	16,592 ±1,266
Media 1983/84	14,488 ±2,568	1.252,700 ±407,391	30,448 ±2,573	386,151 ±140,665	50,694 ±5,960	61,497 ±3,973	89,601 ±3,358	28,027 ±2,960	17,946 ±1,437
Valor Máximo	31,100	4.483,000	50,500	1.929,000	90,650	72,000	120,000	55,000	23,370
Valor Mínimo	1,300	469,000	23,100	130,920	35,760	51,000	84,000	19,000	11,630
Rango	29,800	4.024,000	27,400	1.798,080	54,890	21,000	36,000	36,000	8,740

## HEREDABILIDADES EN 9 CARACTERES EN LA POBLACION PERCAMINO 3

Carácter	h <sup>2</sup>
Podredumbre (cm)	0,13
Rendimiento (kg/ha)	0,34
Aceite (%)	0,33
Aceite (kg/ha)	0,29
1000 Granos	0,67
Germinación-Floración	0,66
Ciclo total	0,53
Floración-Madurez	0,43
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	0,40

CUADRO 3

CORRELACIONES FENOTÍPICAS (rp), GENÉTICAS (rg) Y AMBIENTALES (re)  
ENTRE NUEVE CARACTERES EN LA POBLACION PERCAMINO 3

Carácter	Tipo correlación	Rendimiento	Aceite %	Aceite (kg/ha)	1000 Granos	Germin.- Florac.	Ciclo total	Florac.- Madurez	Persistencia
Podredumbre	rp	0,05598NS	0,06216NS	0,03691NS	0,04889NS	-0,16443*	-0,13391NS	0,08979NS	0,11179NS
	rg	-0,11037NS	0,33649**	-0,13758NS	-0,04922NS	-0,54423**	-0,75902**	-0,06100NS	-0,50163**
	re	-0,02549NS	0,10204NS	-0,03985NS	-0,00696NS	-0,01843NS	0,050094NS	0,12267NS	-0,07127NS
Rendimiento	rp	0,17554*	0,94893**	0,61888**	-0,30558**	-0,17229*	0,26715**	0,38153NS	
	rg	-0,01243NS	0,99240**	0,74470**	-0,36698**	-0,20817**	0,60036**	-0,10835NS	
	re	0,14621NS	0,95020**	0,61940**	0,09226NS	0,01140NS	0,08996NS	0,29772**	
Aceite %	rp		0,40946**	-0,02462NS	-0,20608**	-0,20765**	0,12765**	-0,17549*	
	rg		0,27547**	-0,03547NS	-0,21352**	-0,07419NS	0,23497**	-0,14746*	
	re		0,32496**	0,02350NS	-0,07728NS	-0,01706NS	0,14337NS	-0,07559NS	
Aceite (kg/ha)	rp			0,53877**	-0,25997**	0,14759NS	0,23817**	0,09413NS	
	rg			0,68694**	-0,33644**	-0,13988NS	0,58765**	-0,08142NS	
	re			0,56862**	-0,05854NS	0,01787NS	0,06210NS	0,24233**	
1000 Granos	rp				-0,20655**	-0,03762NS	0,00730NS	0,15460*	
	rg				-0,30595**	-0,10578NS	0,42651**	-0,00213NS	
	re				-0,04255NS	0,02992NS	0,01796NS	0,26682**	
Germin.- Florac.	rp					0,68533**	-0,60413**	0,55075**	
	rg					0,91455**	-0,82500**	0,40062**	
	re					0,26536**	-0,42905**	0,09869NS	
Ciclo total	rp						-0,00640NS	0,51650**	
	rg						-0,52337**	0,92865**	
	re						0,33514**	0,10820NS	
Florac.- Madurez	rp							-0,34873**	
	rg							-0,53705**	
	re							-0,09173NS	

\* Correlaciones significativas al 5 % de probabilidad.

\*\* Correlaciones significativas al 1 % de probabilidad.

NS Correlaciones no significativas.